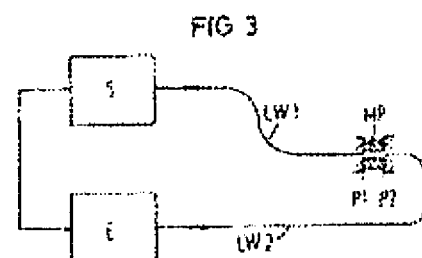
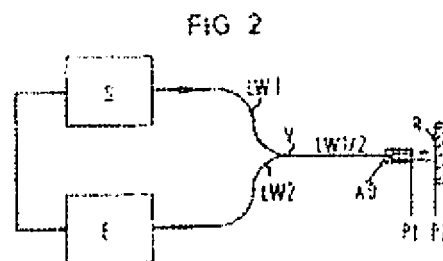
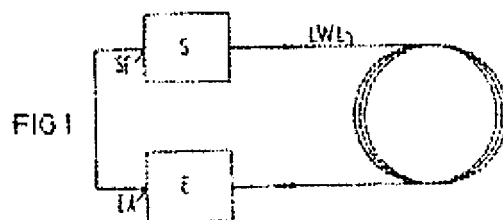


## Device for digital measurement of the change in physical variables

**Patent number:** DE3821642 (A1)  
**Publication date:** 1989-12-28  
**Inventor(s):** JAHNS JUERGEN DR [US]  
**Applicant(s):** SIEMENS AG [DE]  
**Classification:**  
 - **International:** G01S7/497; G01S7/48; (IPC1-7): G01S17/02; G01S17/10  
 - **European:** G01S7/497  
**Application number:** DE19883821642 19880627  
**Priority number(s):** DE19883821642 19880627

### Abstract of DE 3821642 (A1)

The device according to the invention determines length or separation changes which are caused by changes in physical variables such as temperature and pressure, by means of propagation time measurement (delay time measurement) of electrical signals in an optical waveguide (LWL) which is subjected to the physical variable. Signals are fed into the optical waveguide via an optical multivibrator (S, SE, E, EA). In this case, the total propagation time of a plurality of pulses is determined via a high-frequency counter. The deviation of the actually determined counter result from a normal counter result is determined by comparison with said normal counter result, this deviation is used to determine the length or separation distance which has occurred, and this length or separation difference is converted into the physical variable to be determined.; The device requires only a small number of cost-effective and proven components and permits highly accurate determination of the physical variables to be evaluated.

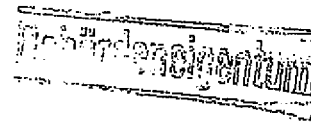


Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 38 21 642.6  
②2 Anmeldetag: 27. 6. 88  
④3 Offenlegungstag: 28. 12. 89



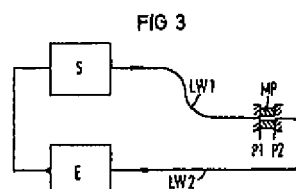
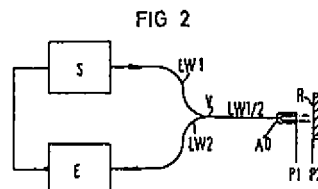
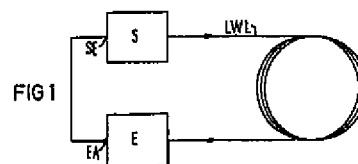
DE 3821642 A1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Jahns, Jürgen, Dr., Shrewsbury, N.J., US

⑥4 Einrichtung zum digitalen Messen der Änderung physikalischer Größen

Die erfindungsgemäße Einrichtung bestimmt Längen- oder Abstandsänderungen, die durch Änderungen physikalischer Größen wie Temperatur und Druck bedingt sind, mittels Laufzeitmessung von elektrischen Signalen in einem der physikalischen Größe ausgesetzten Lichtwellenleiter (LWL). Über einen optischen Multivibrator (S, SE, E, EA) werden Signale in den Lichtwellenleiter eingespeist. Dabei wird über einen hochfrequenten Zähler die Gesamtlaufzeit mehrerer Pulse bestimmt. Durch Vergleich mit einem Normzählergebnis wird die Abweichung des tatsächlich ermittelten Zählergebnisses von diesem Normzählergebnis festgestellt, hieraus die eingetretene Längen- oder Abstandsdifferenz ermittelt und diese Längen- oder Abstandsdifferenz in die zu bestimmende physikalische Größe umgesetzt. Die Einrichtung benötigt nur wenige, preiswerte und bewährte Bauelemente und läßt eine hochgenaue Bestimmung der zu bewertenden physikalischen Größen zu.



DE 3821642 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Aus der Ortungstechnik ist es bekannt, die Entfernung eines Gegenstandes von einer Sende/Empfangeinrichtung durch  
 5 Bewerten der Laufzeit eines elektrischen Signals vom Sender zum Gegenstand und vom Gegenstand zum Empfänger zu messen. Die Genauigkeit der Abstandsmessung ist dabei im wesentlichen abhängig von der Genauigkeit, mit der die Laufzeit des ausgesandten elektrischen Signals ermittelt werden kann.

Mitunter kann es notwendig sein, bereits kleinste Änderungen physikalischer Größen wie z. B. Abstandsänderungen zu bestimmen; dafür reicht die bislang mit wirtschaftlichen Mitteln erreichbare Laufzeitauflösung nicht  
 10 aus. So läßt sich z. B. bisher die durch Temperaturänderung bewirkte Längenausdehnung einer Meßprobe oder die Änderung des Abstandes der Meßprobe von einem Meßpunkt durch Laufzeitbewertung noch nicht in einen einigermaßen genauen Temperaturänderungswert umsetzen, einfach weil die erreichbare Zeitauflösung zu grob ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 anzugeben, mit  
 15 der sich mit einfachen Mitteln die Änderung physikalischer Größen durch Laufzeitbewertung eines elektrischen Signals hinreichend genau bestimmen läßt.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung ist nachstehend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher  
 20 erläutert.

Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 eine Ausführungsform der Erfindung, wie sie zum Detektieren von Temperaturschwankungen verwendet werden kann und in den

Fig. 2 und 3 zwei verschiedene Ausführungsformen zum Feststellen von Abstandsänderungen zwischen zwei  
 25 Meßpunkten.

Fig. 1 zeigt einen Lichtwellenleiter  $LWL$ , der den Ausgang eines digitalen Lichtsenders  $S$  mit dem Eingang eines digitalen Lichtempfängers  $E$  verbindet. Der Lichtwellenleiter kann als Monomode- oder als Multimode-Lichtwellenleiter ausgebildet sein und weist eine Länge von einigen 10 Metern auf. Der digitale Lichtsender ist als Laserdiode oder als Leuchtdiode, der digitale Lichtempfänger als Fotodiode oder Fototransistor ausgebildet.  
 30 Der Lichtempfänger  $E$  weist einen invertierenden Ausgang  $EA$  auf, an dem ein zu dem ihm zugeführten digitalen Eingangssignal invertiertes Signal abgreifbar ist. Dieses Signal gelangt auf den Steuereingang  $SE$  des Lichtsenders  $S$  und bewirkt dort die Umsteuerung des Lichtsenders in den jeweils anderen Betriebszustand. Sender und Empfänger bilden einen elektrooptischen astabilen Multivibrator. Dabei ist das Sendesignal solange "high" bis nach einer Laufzeit  $T$  die Vorderflanke des Lichtsignales am Empfänger ankommt. Das invertierte Empfangssignal und damit auch das Sendesignal wird dann "low", und zwar wieder für die Zeitdauer  $T$ , d. h. solange, wie die  
 35 Rückflanke des Lichtsignales benötigt, um den Lichtwellenleiter zu durchlaufen. Anschließend wird das Sendesignal wieder "high" und der Vorgang beginnt von neuem. Bei dem vorstehend erläuterten astabilen Multivibrator löst also jeder vom Sender zum Empfänger übertragene Impuls im Sender den jeweils folgenden Impuls aus. Diese Ausführung hat den Vorteil, daß die Pulse sich selbst erzeugen, also nur ein minimaler technischer

Aufwand für die Generierung der Pulse erforderlich ist.  
 40 Die Zeitperiode der Pulsfolge ist  $T = 2 \times T_{im}$ , wobei  $T_{im}$  wesentlichen die Verzögerungszeit des Lichtwellenleiters  $LWL$  ist; die elektrischen Signallaufzeiten zwischen Empfänger und Sender sowie die Ansprechzeiten von Sender und Empfänger werden als konstant angenommen. Bei einer faseroptischen Strecke der Länge  $L$  und dem Brechungsindex  $n$  ist der optische Weg  $L_o = n \times L$  und somit die Pulsfolge  $T_p = 2 \times n \times L/c$  ( $c$  = Lichtgeschwindigkeit). Bei einer Länge  $L$  des Lichtwellenleiters von 20 Metern und einem Brechungsindex von  $n = 1,5$   
 45 ist die Periode  $T_p$  der Pulsfolge = 200 ns. Das heißt die Umlauffrequenz  $f$  des Sendesignals ist  $1/T_p = 5$  MHz.

Ändert sich nun der optische Weg des Lichtwellenleiters beispielsweise durch Temperatureinflüsse um die Strecke  $\Delta L_o$ , dann ändert sich die Periode um

$$50 \quad \Delta T_p = 2 \times \frac{\Delta L_o}{c} \cdot \Delta L_o,$$

Um diese relativ kleinen Laufzeit- und damit Pulsänderungen erfassen zu können, wird erfindungsgemäß  
 55 vorgeschlagen, daß man die Verzögerungszeit nicht während eines einzigen Umlaufes des Sendesignals mißt, sondern die Verzögerungszeit mehrerer Umläufe feststellt. Das bedeutet, daß man die Zeit  $N \times (T_p + \Delta T_p)$  mißt, wobei  $N$  die Anzahl der Umläufe des Sendesignals ist. Die Meßapparatur braucht dann nur gut genug zu sein, um Zeiten der Größenordnung  $N \times \Delta T_p$  aufzulösen.

Ändert sich der optische Weg  $L_o = 30$  Meter um  $\Delta L_o = 0,3$  mm, dann ändert sich die Periode des Pulses um  
 60  $\Delta T_p = 2$  ps. Bei Ausdehnung der Messung über  $N = 10^6$  Pulse beträgt die aufzulösende Zeitgröße  $N \times \Delta T_p = 2 \mu s$ . Die Zeitdauer für eine Messung ist dann  $N \times (T_p + \Delta T_p) \sim 0,2$  sec.

Im folgenden soll die Anwendung des vorstehend erläuterten Meßverfahrens auf die Bestimmung von Temperaturänderungen erläutert werden:

Wird der Lichtwellenleiter selbst als Meßprobe verwendet, dann ändert sich abhängig von der Temperatur  $\Theta$   
 65 der optische Weg  $L_o$  nach folgender Gesetzmäßigkeit:

$$\frac{\alpha L_o}{\alpha \Theta} = \frac{\alpha(n \cdot L)}{\alpha \Theta} = \frac{\delta n}{\delta \Theta} \cdot L + n \cdot \frac{\delta L}{\delta \Theta} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\delta n}{\delta \Theta} \cdot L_o + \alpha \cdot L_o$$

Dabei ist  $\alpha = (1/L) \times \delta L / \delta \theta$  der Wärmeausdehnungskoeffizient und  $\delta n / \delta \theta$  gibt die Abhängigkeit des Brechungsindex  $n$  von der Temperatur an. Für Glas bei Raumtemperatur ist im sichtbaren Bereich

$$\delta n / \delta \theta = 10 \cdot 10^{-6} / \text{K}$$

$$\alpha = 4 \cdot 10^{-6} / \text{K}$$

Bei Änderung der Temperatur um 1 K ändert sich der optische Weg  $L_o$  um  $\Delta L_o = 0,32$  mm falls  $L_o = 30$  Meter ist. Diese Temperaturänderung bewirkt eine Laufzeitänderung des Sendesignals im Lichtwellenleiter, die beispielsweise bei der Bewertung von  $10^6$  Pulsen wie bei dem zuvor angenommen Ausführungsbeispiel ohne weiteres mit Standardzähler aufgelöst werden kann.

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung liegt in dem einfachen Schaltungsaufbau mit preisgünstigen, vielfach bewährten Bauelementen und in der erreichbaren Meßgenauigkeit durch die Einführung genügend langer Meßzeiten und genügend schneller Zähler. Das Meßprinzip ist auf alle Probleme anwendbar, bei denen äußere physikalische Größen, wie Temperatur, Druck usw. zu einer Änderung des optischen Weges zwischen Sender und Empfänger führen.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung, bei der etwaige Abstandsänderungen zwischen einem ersten Meßpunkt  $P_1$  und einem zweiten Meßpunkt  $P_2$  festgestellt werden sollen. Hierzu ist der vom digitalen Lichtsender  $S$  kommende Lichtwellenleiter  $LW_1$  an dem einen Meßpunkt  $P_1$  aufgetrennt. An dem anderen Meßpunkt  $P_2$  ist ein Reflektor  $R$  vorgesehen, der die aus dem Lichtwellenleiter  $LW_1$  austretenden lichtelektrischen Signale in einen zum digitalen Lichtempfänger  $E$  führenden Lichtwellenleiter  $LW_2$  einspeist. Durch Bewerten der Pulsfolgezeiten mehrerer vom Sender  $S$  generierter Pulse in einen möglichst schnellen Zähler wird dabei die Abweichung des tatsächlich ermittelten Zählergebnisses von einem Normzählergebnis festgestellt, das sich bei einem vorgegebenen Abstand der beiden Meßpunkte zueinander einstellt. Die so gewonnene Längenabweichung wird anschließend durch die Anzahl der Meßperioden dividiert; hierdurch gelangt man zu der tatsächlichen Abweichung zwischen den beiden Meßpunkten  $P_1$  und  $P_2$ . Das Vorzeichen der Abweichung ergibt sich daraus, ob die Abweichung gegenüber dem Normwert positiv oder negativ ist. Der mit dem tatsächlichen Meßwert zu vergleichende Normalwert bezieht sich auf das sich bei einem bekannten Abstand zu einer Meßprobe oder einer definierten Länge des Lichtwellenleiters einstellende Zählergebnis, beispielsweise das Zählergebnis, das sich einstellt, wenn die Meßpunkte  $P_1$  und  $P_2$  zusammenfallen (Fig. 2) oder wenn der Lichtwellenleiter einer bestimmten Umgebungstemperatur ausgesetzt ist (Fig. 1).

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist für die Hin- und Rückführung der lichtelektrischen Signale ein gemeinsames Lichtwellenleiterstück  $LW_{1/2}$  vorgesehen, das über eine optische Verzweigung  $V$  auf die zum digitalen Lichtsender und zum digitalen Lichtempfänger führenden Lichtwellenleiter  $LW_1$  und  $LW_2$  einmündet. An das Lichtaustrittsende dieses gemeinsamen Lichtwellenleiterstückes ist eine bekannte Aufweitungsoptik  $A_0$  angeschlossen, über die die zum Reflektor  $R$  austretende Strahlung gegen die in den Lichtwellenleiter eintretende Strahlung entkoppelt ist.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, die zum Feststellen von Längenänderungen einer Meßprobe  $MP$  verwendet sein kann. Hier endet der vom digitalen Sender kommende Lichtwellenleiter  $LW_1$  an dem einen Meßpunkt  $P_1$ , während der zum digitalen Empfänger führende Lichtwellenleiter  $LW_2$  an dem anderen Meßpunkt  $P_2$  beginnt. Etwaige Abstandsänderungen durch Längenänderungen der Meßprobe infolge Temperatur- oder Druckänderungen lassen sich wie bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 durch Bewerten einer Vielzahl von Signalpulsen digital feststellen.

#### Patentansprüche

- Einrichtung zum digitalen Messen der Änderung physikalischer Größen durch Bewertung der Laufzeit eines elektrischen Signals zwischen einem Sender und einem Empfänger, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Lichtwellenleiter ( $LW$ ) vorgesehen ist, der den Ausgang eines digitalen Lichtsenders ( $S$ ) mit dem Eingang eines digitalen Lichtempfängers ( $E$ ) verbindet, daß der digitale Lichtempfänger ( $E$ ) das jeweils von ihm detektierte digitale Signal des Lichtsenders ( $S$ ) invertiert und das invertierte Signal zur Umsteuerung des digitalen Lichtsenders ( $S$ ) in den jeweils anderen Betriebszustand auf einen Steuereingang des Lichtsenders ( $S$ ) führt, daß ein Zähler vorgesehen ist zum hochfrequenten Auszählen des zeitlichen Abstandes zwischen dem Beginn eines vom Lichtsender ( $S$ ) ausgesandten Signals und einem vom Empfänger ( $E$ ) beim Ausbleiben des Signals abgegebenen Signals, wobei der Zähler jeweils für die Dauer mehrerer Perioden der vom digitalen Lichtsender ausgesandten Signale aktiviert ist und ein Zählergebnis über die Gesamtperiodendauer der Pulse bildet, daß die Abweichung des tatsächlich ermittelten Zählergebnisses von einem Norm-Zählergebnis festgestellt wird und daß diese Abweichung anschließend in einen der zu messenden physikalischen Größe entsprechenden Wert umgesetzt wird.
- Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Lichtwellenleiter ( $LW$ ) zum Bestimmen von Längenänderungen eine Länge von einigen zehn Metern aufweist.
- Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Bestimmen des Abstandes zwischen einem ersten und einem zweiten Meßpunkt ( $P_1$ ,  $P_2$ ) der vom digitalen Lichtsender ( $S$ ) kommende Lichtwellenleiter ( $LW_1$ ) an dem einen Meßpunkt ( $P_1$ ) aufgetrennt ist und daß an dem anderen Meßpunkt ( $P_2$ ) ein Reflektor ( $R$ ) angeordnet ist, der die aus dem vom digitalen Lichtsender ( $S$ ) gespeisten Lichtwellenleiter ( $LW_1$ ) austretenden lichtelektrischen Signale in einen zum digitalen Lichtempfänger ( $E$ ) führenden Lichtwellenleiter ( $LW_2$ ) einspeist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Bestimmen des Abstandes zwischen einem ersten und einem zweiten Meßpunkt ( $P1$ ,  $P2$ ) der vom digitalen Lichtsender ( $S$ ) kommende Lichtwellenleiter ( $LW1$ ) an dem einen Meßpunkt ( $P1$ ) aufgetrennt ist und daß der andere Meßpunkt ( $P2$ ) durch das Lichteintrittsende des zum digitalen Lichtempfänger ( $E$ ) führenden Lichtwellenleiters ( $LW2$ ) dargestellt ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß für die Hin- und Rückführung der lichtelektrischen Signale mindestens ein gemeinsames Lichtwellenleiterstück ( $LW1/2$ ) vorgesehen ist, das über eine optische Verzweigung ( $V$ ) in die zum digitalen Lichtsender ( $S$ ) und zum digitalen Lichtempfänger ( $E$ ) führenden Lichtwellenleiter ( $LW1$ ,  $LW2$ ) einmündet.

6. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der digitale Lichtsender ( $S$ ) als Leuchtdiode oder als Laserdiode ausgebildet ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der digitale Lichtempfänger als Fototransistor oder Fotodiode ausgebildet ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter ( $LWL$ ) als Multimode-Lichtwellenleiter oder als Monomode-Lichtwellenleiter ausgebildet ist.

- Leerseite -

3821642

Nummer: 38 21 642  
 Int. Cl. 4: G 01 S 17/02  
 Anmeldetag: 27. Juni 1988  
 Offenlegungstag: 28. Dezember 1989

(1/1)

88 P 2 9 1 4 DE

FIG 1

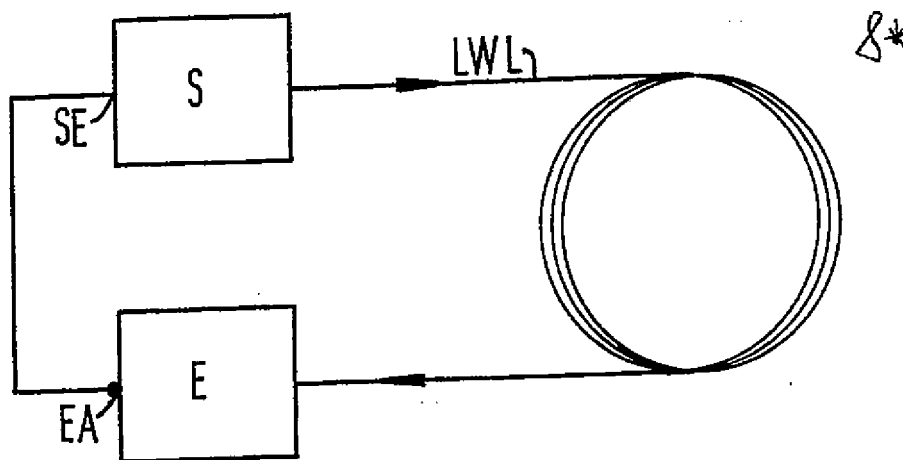


FIG 2

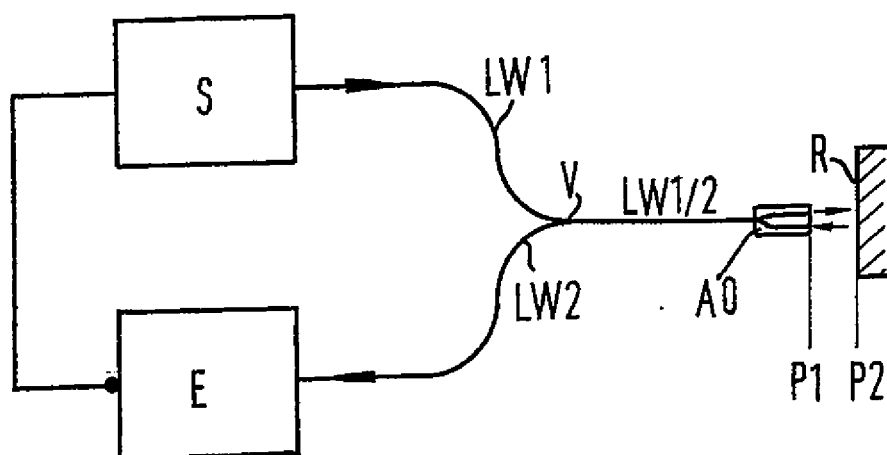


FIG 3

